

ポリプロピレン繊維を混入したコンクリートの耐久性

大成建設(株) 正会員 ○堀口 賢一
大成建設(株) フェロー会員 丸屋 剛

1. はじめに

近年,土木分野のコンクリートにおいて,有機短繊維をコンクリート打設時に練り混ぜることがある.これは,トンネル二次覆工や鉄道高架橋における鉄筋腐食によるかぶりコンクリートの剥落防止を目的としているものや,トンネル火災によるかぶりコンクリートの爆裂抑止を目的としているものである.このような目的で有機短繊維を練り混ぜたコンクリートは,広く用いられるようになっているが¹⁾,その耐久性についてはまだ十分に明らかにされていないのが現状である.そこで本研究では,有機短繊維としてポリプロピレン繊維(以下,PP繊維)を練り混ぜたコンクリートを対象に,中性化と塩害に対する耐久性を実験により確認した.

2. 実験内容

表-1に実験内容を示す.実験は,PP繊維を練り混ぜたコンクリートの中性化と塩害に対する耐久性と,PP繊維の耐久性について行った.中性化に対する耐久性は,JIS A 1153「コンクリートの促進中性化試験方法」にしたがい試験を行い,中性化速度係数により確認した.ただし,低水セメント比のコンクリートとしたため,促進期間は通常の1,4,8,13,26週に加えて59週でも測定を行った.塩害に対する耐久性は,JSCE-G 571「電気泳動によるコンクリート中の塩化物イオンの実効拡散係数試験方法(案)」にしたがい試験を行い,実効拡散係数により確認した.この2つの試験はともに,表-2,表-3に示す配合と材料により,PP繊維の練混ぜ量 $1.5\text{kg}/\text{m}^3$ (0.165vol%)と無混入の供試体を製作して行った.また,養生方法を促進中性化試験では,標準養生(4週間)と給熱養生($35^\circ\text{C}\cdot 14$ 時間+標準養生1週間+封緘養生3週間)の2通りとし,電気泳動試験では,標準養生(4週間)として試験に供した.

表-1 実験内容

実験項目	実験要因	実験方法	供試体形状・寸法	供試体数量
中性化	PP繊維の有無 給熱養生の有無	促進中性化試験	$\square 10\times 10\times 40\text{cm}$	4ケース $\times$ 3体
塩害	PP繊維の有無	電気泳動試験	$\phi 10\times 5\text{cm}$	2ケース $\times$ 3体
PP繊維 耐久性	耐アルカリ性 耐塩性 耐熱性	アルカリ浸漬試験 塩水浸漬試験 アルカリ・塩水浸漬試験 加熱試験	$\phi 18\mu\text{m}$, L30cm の繊維束およそ5g	各試験 10体

表-4にPP繊維の耐久性試験の内容を示す. PP繊維の耐久性は,コンクリート中における耐アルカリ性と,練り混ぜたコンクリートが塩害環境下にさらされた場合の耐塩性,および火災を受けた場合の耐熱性について確認した.耐アルカリ性,耐塩性,耐アルカリ・耐塩性の各試験は,

pH12.5の水酸化カルシウム水溶液か,

表-2 コンクリートの配合

Gmax mm	水セメント比 %	s/a %	単位量 (kg/m^3)						
			水	セメント	混和材	細骨材	粗骨材	混和剤	PP繊維
20	31	38	150	242	242	670	1114	3.87	外割0or1.5

表-3 使用材料

使用材料	種類・品質
セメント	普通ポルトランドセメント, 密度 $3.15\text{g}/\text{cm}^3$
混和材	高炉スラグ微粉末, 密度 $2.90\text{g}/\text{cm}^3$
細骨材	山砂, 表乾密度 $2.64\text{g}/\text{cm}^3$
粗骨材	碎石, 表乾密度 $2.65\text{g}/\text{cm}^3$
混和剤	ポリカルボキシル酸エーテル系高性能減水剤
PP繊維	長さ10mm, 径 $18\mu\text{m}$, 密度 $0.91\text{g}/\text{cm}^3$

表-4 PP繊維の耐久性試験項目

試験項目	試験方法	測定項目	試験材齢
耐アルカリ性	pH12.5の水酸化カルシウム水溶液に浸漬	外観 質量 引張強さ DSC分析	ブランク 浸漬1, 7, 14, 28, 91日
耐塩性	濃度3%の塩化ナトリウム水溶液に浸漬		
耐アルカリ・耐塩性	上記2項目を合わせた水溶液に浸漬		
耐熱性	50, 100, 150°C 環境下に8時間静置		加熱冷却後

キーワード コンクリート, 耐久性, ポリプロピレン繊維, 中性化, 塩化物イオン

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株)技術センター土木技術研究所 TEL 045-814-7228

濃度 3%の塩化ナトリウム水溶液のどちらか一方、もしくは両方同時に、所定の期間浸漬して測定に供した。測定は、外観観察、質量変化、引張強さ、および DSC 分析（示差走査熱量分析）による融点の測定を行った。

3. 実験結果

図-1 に促進中性化試験の結果を示す。この結果によれば、養生方法による差は見られないが、PP繊維の有無に対しては、PP繊維を練り混ぜた方が中性化の進行がやや早いことがわかる。しかし、式 (1) ²⁾ にしたがって、実構造物における 100 年後の中性化深さを予測すると、例えばPP繊維有（1.5kg/m³練混ぜ）で標準養生を行った場合でも、中性化深さは 4.2mm となり、実際の供用では、耐久性上問題となる中性化深さは生じないと考えられる。

$$C = A' \sqrt{CO_2 / 5.0} \cdot \sqrt{t} \quad (1)$$

ここに、 C ：中性化深さ(mm)， A' ：定数（促進中性化試験における中性化速度係数mm/√年）， CO_2 ：炭酸ガス濃度(%)（ここでは、屋内の炭酸ガス濃度の 0.2%と仮定）， t ：材齢（年）

表-5 に電気泳動試験の結果を示す。この結果によれば、PP繊維の有無による実効拡散係数に差は見られなかった。ただし、PP繊維を 1.5kg/m³練り混ぜた供試体のうち 1 体で、他のものより 10 倍程度大きな値となったものが見られた。これは、コンクリート内部のあばたや微細なひび割れなどが原因と考えられ、PP繊維を練り混ぜたコンクリートの塩分浸透性を、そのまま表すものではないと思われるため、平均値の算出からは除外した。

図-2 に PP 繊維の耐アルカリ、耐塩性の試験結果を示す。また、図-3 に PP 繊維の耐熱性の試験結果を示す。引張強さ比は、ブランク供試体の引張強さに対する比率である。PP 繊維のアルカリ水溶液、塩水への浸漬、加熱による引張強さの低下や融点の変化は見られなかった。なお、今回の PP 繊維の耐久性試験では、浸漬・加熱前後で外観の著しい変化や質量変化も見られなかった。

4. まとめ

PP 繊維を練り混ぜたコンクリートと PP 繊維の耐久性試験の結果、以下のことが明らかとなった。

- 1) PP 繊維を練り混ぜたコンクリートの中性化や塩分浸透に対する耐久性は、PP 繊維無混入のコンクリートと同等である。
- 2) PP 繊維は、コンクリート中において耐アルカリ性を有しており、また、塩害環境下における塩化物イオンに対する耐塩性も有している。さらに、150℃の加熱を受けても、材料物性の著しい変化は認められない。

参考文献

- 1) 土木学会：2007 年制定コンクリート標準示方書 施工編，pp. 264-276，2008. 3
- 2) 日本建築学会：鉄筋コンクリート造建築物の耐久設計施工指針(案)・同解説，pp. 105，2004

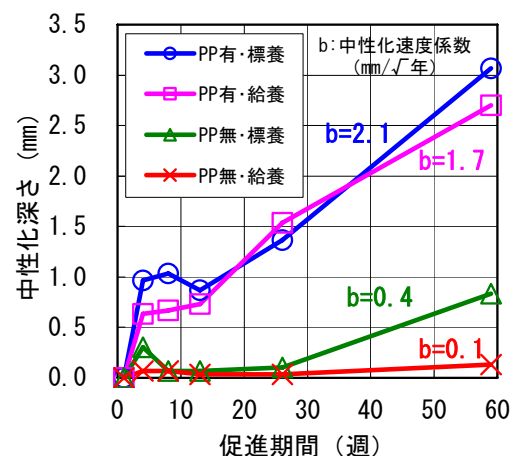


図-1 促進中性化試験結果

表-5 電気泳動試験結果

供試体 No.	実効拡散係数 (cm ² /年)	
	PP 0kg/m ³	PP 1.5kg/m ³
1	0.251	(2.28)
2	0.289	0.212
3	0.493	0.267
平均	0.344	0.240

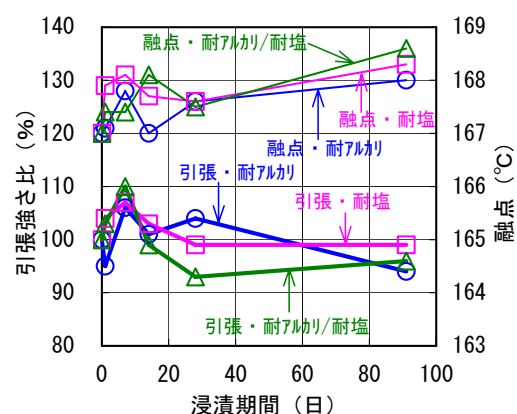


図-2 PP 繊維の耐アルカリ・耐塩性試験結果

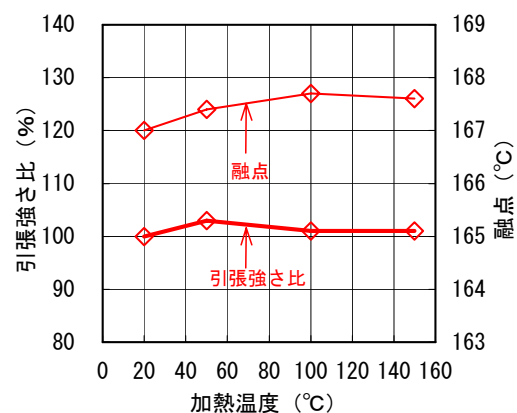


図-3 PP 繊維の耐熱性試験結果